



## **Messprogramm zur Abschätzung der Schwermetallbelastung in Nahrungspflanzen im Umfeld der Firma Aurubis in Lünen**

Erlass des MUNLV vom 12.03.2009, V-4-8851.33

Bericht des LANUV vom 25.05.2010. 31-Rad/Go

Die Durchführung der Nahrungspflanzenuntersuchungen im Jahre 2010 wurde auf der Basis der Untersuchungsergebnisse 2009 zusammen mit der Bezirksregierung Arnsberg festgelegt.

Die Ergebnisse aus dem Untersuchungsjahr 2009 hatten zu einer Anbau- und Verzehrsempfehlung in einem festgelegten Gebiet von Lünen geführt, da sowohl die Höchstgehalte von Blei als auch von Cadmium gemäß der EU-Verordnung 1881/2006/EG in Gemüse zum Teil überschritten waren.

Die erneute Überprüfung der Nahrungspflanzen erfolgte in den gleichen Gärten wie 2009. Lediglich der Garten 10, ein Referenzmesspunkt (siehe Karte) wurde verlagert, da die Gartenbesitzer in 2010 den Garten umgestalten wollten.

### **Methodik**

Die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt NRW (LUFÄ) führte das nachfolgend beschriebene Untersuchungsprogramm im Auftrag des LANUV durch.

In 10 ausgewählten Gärten wurden Kopfsalat, Endivie und Grünkohl in angelegten Beeten (ca. 2 m x 3 m Ausdehnung) durch die LUFÄ ausgepflanzt, während der Expositionszeit betreut und im erntereifen Zustand beprobt.

Die Pflanzen standen 2010 während folgender Zeiten in den Beeten:

	Pflanzung	Ernte
Kopfsalat	22./23. Juli	30./31. August
Endivie	01./02. September	27. Oktober
Grünkohl inkl. Grünkohl im Container	13. August	18. November

Zum Erntezeitpunkt wurden jeweils 6 – 8 Pflanzen je Standort zu einer Mischprobe vereinigt. Die weitere Aufarbeitung fand dann im Labor der LUFA in Münster statt. Nach der küchenfertigen Aufarbeitung der Proben (Berücksichtigung nur der Pflanzenteile, die üblicherweise verzehrt werden, gründliches Waschen unter fließendem Wasser, Schleudern der Proben in einer Salatschleuder) wurden die Proben auf Filterpapier gelagert, im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und danach vermahlen.

Wegen der geplanten Bestimmung von Chrom und Nickel in den Proben kamen keine Arbeitsmaterialien zur Anwendung, die eine mögliche Zusatzkontamination verursachen könnten.

Des Weiteren exponierte das LANUV an den Messpunkten 4, 5, 8 und 9 Grünkohl nach Standardverfahren (Radermacher und Rudolph, 1994). Der Messpunkt 5 (KGA Buchenberg) wurde in diesem Jahr neu in das Programm aufgenommen, da in den untersuchten Pflanzen aus dieser Gartenanlage im Vorjahr auffällig erhöhte Werte im Vergleich zu anderen Messpunkten ermittelt wurden. dies gab Anlass dazu, im näheren Umfeld um die Kleingartenanlage nach weiteren Quellen zu suchen.

Ziel der exponierten Grünkohlpflanzen in Containern, mit Einheitserdesubstrat, ist es aufzuzeigen welcher Anteil der zu untersuchenden Schwermetalle rein über den Luftpfad eingetragen werden, da das Substrat nur sehr geringe Gehalte von Schwermetallen aufweist.

## **Ergebnisse der Nahrungspflanzenuntersuchungen**

### **Zink**

Die ermittelten Zinkgehalte in Kopfsalat, Endivie und Grünkohl sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Werte des aktuellen Betrachtungszeitraums befinden sich bei Kopfsalat (maximal 115 mg/kg TM) und Endivie (maximal 220 mg/kg TM) auf höherem Niveau im Vergleich zum Vorjahr. Die gefundenen Werte im Grünkohl variieren weitgehend im Bereich der letztjährigen Ergebnisse.

Die Gehalte im exponierten Grünkohl aus den Containern erreichen an den Messstellen 4, 8 und 9 geringere Werte als 2009. Am neu aufgenommenen Messpunkt 5 (KGA Buchenberg) wird der gleiche Zn-Gehalt im Grünkohl nachgewiesen, wie an den 3 anderen Messpunkten (Tabelle 1). Insgesamt unterscheiden sich die Werte nicht.

### **Kupfer**

Die Kupfergehalte im Kopfsalat an den Messpunkten 2, 3, 5, 6, 8 und 9 (Einwirkungsbereich der Fa. Aurubis) variieren zwischen 10 mg/kg TM am Messpunkt 2 und 44 mg/kg TM am Messpunkt 9. Im Vergleich zum Jahr 2009 werden an diesem Messpunkt deutlich höhere Cu-Gehalte ermittelt (Tabelle 1, Abbildung 1). Der höchste Wert lag im Jahr 2009 bei 18 mg/kg TM.

Die Referenzwerte von Lünen repräsentiert durch die Gärten 1, 4, 7 und 10 (Karte) bewegen sich zwischen 5,1 mg/kg TM (Messpunkt 4) und 12 mg/kg TM (Messpunkt 7). Analog zu den Gehalten im näheren und weiteren Einflussbereich der Firma Aurubis sind auch an den Referenzmesspunkten die Gehalte im Kopfsalat gegenüber dem Vorjahr angestiegen (6,1 - 8,8 mg/kg TM).

Bei Endivie schwanken die Gehalte im Einwirkungsbereich der Firma zwischen 11 mg/kg TM (Messpunkt 2) und 48 mg/kg TM (Messpunkt 9). Die Ergebnisse zeigen in Relation zu den Werten aus 2009 an den meisten Messpunkten eine Abnahme. Im vorangegangenen Jahr wurde ein Maximum von 67 mg/kg TM ermittelt (Tabelle 1). Die Betrachtung der Referenzwerte zeigt Gehalte zwischen 5,7 mg/kg TM und 15 mg/kg TM. Damit befinden sich die Referenzwerte insgesamt auf dem gleichen Niveau wie im Vorjahr, wobei sich der höchste Wert am Messpunkt 7 davon leicht abhebt.

Bei Grünkohl ergibt sich ein maximaler Gehalt von 24 mg/kg TM (Messpunkt 9). Die niedrigste Anreicherung wird am Messpunkt 2 mit 5,2 mg/kg TM festgestellt. Stellt man den gefundenen Werten die Gehalte aus dem Jahre 2009 gegenüber, so ergibt sich eine deutliche Reduzierung an den höher belasteten Messpunkten (Abbildung 2). Besonders auffällig ist der Rückgang von Kupfer im standardisierten Grünkohl an den Messpunkten 8 und 9, wo eine Reduzierung um etwa den Faktor 4 nachgewiesen werden kann. (Tabelle 1)

Die Werte der Referenzmessstellen variieren im aktuellen Erhebungsjahr zwischen 4,0 mg/kg TM (Messpunkt 4) und 7,0 mg/kg TM (Messpunkt 7).

## **Cadmium**

Die Gehalte im Kopfsalat befinden sich in beiden Jahren insgesamt auf vergleichbarem Niveau, mit Werten zwischen 0,2 und 0,6 mg/kg TM, wobei die Gärten 9 und 10 eine Ausnahme hiervon bilden (Abbildung 3). Dort ergab die erneute Überprüfung einen deutlichen Anstieg gegenüber dem Vorjahr (vergleiche Tabelle 2). Die unterschiedlichen Werte im Garten 10 hängen weitgehend damit zusammen, dass in diesem neuen Referenzgarten in den letzten Jahren kein Gemüseanbau mehr stattfand; die Nutzung war darauf beschränkt, hier Mais für die Fütterung von Hängebauchschweine zu erzeugen. Daher ist ein Vergleich mit den Werten des Vorjahres aus dem ehemaligen Garten 10 nur eingeschränkt möglich.

Bei Endivien zeigen sich die gleichen Tendenzen wie im Kopfsalat. Die Werte befinden sich in beiden Jahren auf vergleichbarem Niveau. Eine Ausnahme hiervon bilden Referenzmesspunkte 7 und 10, wo die Gehalte vergleichsweise weit auseinander driften, insbesondere am Messpunkt 10.

Die Auswertung der Cadmiumgehalte im Grünkohl ergibt insgesamt keine Unterschiede in den gefundenen Werten beim Vergleich der beiden Jahre. Lediglich im Garten 8 wird in 2010 ein relevant niedrigerer Gehalt gegenüber dem Vorjahr ermittelt (Abbildung 4).

Da der Bodenpfad bei Cadmium im Allgemeinen wichtiger anzusehen ist als der Luftpfad, spielt der Gehalt im Boden in Zusammenhang mit dem pH-Wert eine große Rolle bei der Anreicherung in den Pflanzen, insbesondere wenn diese Cadmium über den Bodenpfad stark anreichern, wie Endivie. Demgegenüber ist Grünkohl ein guter Sammler im Hinblick auf die Anreicherung von luftgetragenen Schadstoffen. Die Untersuchungen in den standardisierten Grünkohlpflanzen zeigen Werte zwischen 0,03 und 0,08 mg/kg TM. Dieses Ergebnis dokumentiert, dass der Luftpfad insgesamt als nicht besonders relevant einzuordnen ist.

## **Blei**

Die Bleigehalte in Kopfsalat bewegen sich in 2010 zwischen 2,8 mg/kg TM (Messpunkt 2) und 9,2 mg/kg TM (Messpunkt 6). Die Zunahme ist in Relation zu 2009 erheblich (Abbildung 5). Auch an den Referenzmesspunkten ist der Gehalt an Blei im Kopfsalat entsprechend angestiegen und erreicht im Garten 7 eine Zunahme um rd. den Faktor 30. Die im Vergleich zum Vorjahr teilweise hohen Anstiege, auch an den Referenzstandorten, deuten auf eine allgemeine Zunahme der Bleibelastung während der Expositionszeit hin. Die Überprüfung der Bleieinträge in der Deposition liefern hierzu keine weiteren Erkenntnisse. Dennoch bestätigen die Kontrolluntersuchungen die gefundenen Werte.

Betrachtet man hingegen die ermittelten Werte in der Endivie (Tabelle 4), so lässt sich im Verhältnis zum Vorjahr ein Rückgang um bis zu rd. 70 % an den Messpunkten aufzeigen. Auch in den Referenzgärten (1, 4, 7, 10) ist eine Abnahme gegenüber 2009 an allen Messpunkten erkennbar.

Der Bleigehalt im Grünkohl bildet in der Tendenz das gleiche Bild ab, wie die Entwicklung bei der Endivie. Im Vergleich zu 2009 sind im aktuellen Erhebungsjahr überwiegend geringere Gehalte, zwischen 0,5 mg/kg TM (Garten 2) und 4,4 mg/kg TM (Garten 9) in dem Gemüse erkennbar (Abbildung 6). Die Gehalte an den Referenzmesspunkten befinden sich insgesamt auf dem Niveau des Vorjahres.

Die Bleigehalte im Grünkohl, exponiert in Containern, zeigen insgesamt eine deutliche Abnahme an den Messpunkten 8 und 9 im Vergleich zum Vorjahr. Lag 2009 der höchste Gehalt bei 5,7 mg/kg TM (Garten 9), so ergibt sich im aktuellen Untersuchungsjahr ein Maximalwert von 1,2 mg/kg TM am gleichen Aufstellort. Am Referenzmesspunkt 4 blieb der Wert in beiden Jahren unverändert und am neu eingerichteten Messpunkt 5 (KGA Am Buchenberg) wird mit 0,7 mg/kg TM ein typischer Wert für Ballungsgebiete ermittelt (Tabelle 4). Dieses Ergebnis macht deutlich, dass im Verlaufe der Vegetationszeit die Bleiakkumulation in den Pflanzen zurückgegangen ist. Im Spätherbst befinden sich die Gehalte im Einwirkungsbereich der Firma Aurubis im Vergleich zum Vorjahr auf deutlich niedrigerem Niveau.

## **Nickel**

Die Nickelgehalte im Kopfsalat bewegen sich im Umfeld der Firma Aurubis zwischen 0,8 mg/kg TM am Messpunkt 2 und 2,7 mg/kg TM am Messpunkt 6. Die Gehalte an den Referenzpunkten variieren zwischen 0,9 mg/kg TM (Garten 4) und 1,8 mg/kg TM (Garten 7). Im Vergleich zum Vorjahr ist insgesamt ein leichter Anstieg zu verzeichnen (Tabelle 4).

Die Nickelgehalte in der Endivie zeigen in Relation zum letzten Beobachtungsjahr eine deutliche Zunahme (Abbildung 7) mit Werten zwischen 6,6 mg/kg TM (Messpunkt 5) und 13 mg/kg TM (Messpunkt 2). An den Referenzmesspunkten streuen die Gehalte zwischen 7,3 und 11 mg/kg TM. Damit unterscheiden sich die Referenzwerte nicht wesentlich von den ermittelten Gehalten in den Pflanzen im Einwirkungsbereich der Fa. Aurubis.

Die Überprüfung der Nickelgehalte im Grünkohl führen zu Werten zwischen 0,5 mg/kg TM (Messpunkt 2) und 2,1 mg/kg TM (Messpunkt 5). Die Referenzwerte liegen zwischen 0,5 und 0,7 mg/kg TM. Die Gehalte befinden sich im aktuellen Beobachtungsjahr insgesamt auf gleichem Niveau wie im Vorjahr, wobei die höchsten Gehalte aus 2009 an den Messpunkten 8 und 9 deutlich zurückgegangen sind (Tabelle 4).

Die Ergebnisse der standardisierten Grünkohlpflanzen zeigen an allen 4 Messpunkten ein einheitliches Bild, mit Werten zwischen 0,9 und 1,2 mg/kg TM. Im Vergleich zu 2009 ist an den Messpunkten Garten 8 und Garten 9 ein Rückgang um die Hälfte feststellbar, wohingegen am Referenzmesspunkt 4 ein Anstieg vorliegt (Tabelle 4).

## **Chrom**

Die Chromgehalte im Kopfsalat sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Es ergeben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Referenzwerten und den Gehalten im Einwirkungsbereich der Quelle. Vergleicht man die Werte mit den Ergebnissen des Vorjahres, so ist an allen Messstellen ein deutlicher Anstieg in 2010 erkennbar. Sie erreichen ein Niveau wie es üblicherweise im Umfeld von industriell geprägten Zonen vorkommt, wobei diese Aussage auch auf die Referenzmesspunkte zutrifft (Abbildung 8). Der allgemeine Anstieg von Chrom im Kopfsalat im Untersuchungsgebiet führt zu keiner Differenzierung zwischen den Messstellen. Lediglich der Gehalt am Messpunkt 2 und den beiden Referenzmesspunkten 7 und 10 hebt sich von den übrigen Werten leicht ab. Dort wo im Jahre 2009 die höchsten Belastungen feststellbar waren (Messpunkte 8 und 9), sind jetzt keine auffälligen Gehalte im Verhältnis zu den anderen Ergebnissen vorzufinden.

Die Chromgehalte in Endivie im Umfeld der Aurubis unterscheiden sich insgesamt ebenfalls nicht von Gehalten der Referenzmessstellen. Parallel zur Entwicklung bei Kopfsalat sind auch in Endivie die Chromgehalte 2010 im Vergleich zu 2009 in der Regel deutlich angestiegen. Lag die höchste Belastung in 2009 bei 3,1 mg/kg TM (Messpunkt 9) so wurde im Folgejahr ein Maximalgehalt von 8,6 mg/kg TM (Messpunkt 2) bestimmt (Tabelle 4). Auch die

Chromgehalte in der Endivie spiegeln ein Niveau, wie es üblicherweise in industriell geprägten Zonen vorzufinden ist.

Seite 7 / 26.05.2011

Die Analysen der Grünkohlgehalte sind in der gleichen Tabelle dargestellt. Die Chromwerte befinden sich in beiden Jahren insgesamt auf vergleichbarem Niveau, mit Ausnahme des Gehaltes am Messpunkt 8, wo 2009 gegenüber 2010 ein deutlich höherer Wert nachgewiesen wurde. Insgesamt sind die Werte als typisch für die Belastung in Ballungsgebieten anzusehen.

Der Chromgehalt in standardisiertem Grünkohl an den 4 Messpunkten führt in allen Fällen zu unauffälligen Werten, wie der Tabelle 4 zu entnehmen ist. Im Vergleich zu den Gehalten von Grünkohl im gleichen Garten liegen die Werte insgesamt auf niedrigerem Niveau.

### **Arsen**

Die Arsengehalte für Kopfsalat, Endivie und Grünkohl sind in Tabelle 5 abgebildet. Für Kopfsalat werden im Jahre 2010 generell die höchsten Gehalte ermittelt. Der Wert am Referenzmesspunkt 10 ist mit 1,4 mg/kg TM als auffällig hoch in Relation zu den übrigen Werten einzuordnen. Hier sind weitere Sachverhaltsermittlungen angebracht, um zu klären aus welchen Gründen im Kopfsalat ein Gehalt in dieser Höhe ermittelt wurde. Bei Endivie ist teilweise ein Rückgang in Relation zu 2009 festzustellen und bei Grünkohl werden in 2010 die unauffälligen Werte aus dem Vorjahr bestätigt.

### **Überprüfung der pH-Werte**

Da im Vorjahr die pH-Werte in einigen Gärten auf niedrigem Niveau waren, wurde empfohlen, durch Aufkalkung die Werte anzuheben, um so die Mobilität der Schwermetalle möglichst gering zu halten.

Die LUFA hat im Auftrag des LANUV alle Beete noch einmal mit einer Kalkgabe von ca. 80 g/m<sup>2</sup> aufgedüngt. Die erneute Messung der pH-Werte im Spätherbst führte zu den in Tabelle 6 dargestellten Werten. Die Ergebnisse belegen, dass die pH-Werte weitestgehend im Optimum zwischen 6,8 und 7,2 liegen.

## Bodenuntersuchungen im Garten 10

Die Bodenuntersuchungen in den Gärten wurden entsprechend den Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) durchgeführt. Es wurden Gesamtgehalte der Schwermetalle nach Königswasserextraktion sowie pflanzenverfügbare Anteile nach Ammoniumnitratextraktion bestimmt. Die Beurteilung der Werte erfolgt auf Basis der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV sowie anhand von Hintergrundwerten für Gartenböden.

### Königswasserextraktion

Arsen	16	mg/kg
Cadmium	0,7	mg/kg
Chrom	28	mg/kg
Kupfer	50	mg/kg
Nickel	11	mg/kg
Blei	76	mg/kg
Zink	170	mg/kg

### Ammoniumnitratextraktion

Nickel	0,58	mg/kg
Arsen	0,008	mg/kg
Cadmium	0,008	mg/kg
Chrom	<0,001	mg/kg
Kupfer	0,11	mg/kg
Nickel	0,016	mg/kg
Blei	0,003	mg/kg
Zink	0,44	mg/kg

Die Untersuchungsergebnisse als Gesamtgehalt im Königswasserextrakt zeigen für alle überprüften Schwermetalle übliche Werte, wie sie in Ballungsrandzonen vorkommen. Prüfwerte für Kinderspielflächen nach der BBodSchV werden in allen Fällen unterschritten. Ebenso werden Prüf- und Maßnahmenwerte (Ammoniumnitratextrakt / Königswasserauszug) zum Schadstoffübergang Boden /Pflanze in allen Fällen unterschritten.

Der Vergleich der Schwermetallgehalte im Grünkohl, exponiert in Beeten, gegenüber dem Grünkohl im Container führt zu dem Ergebnis, dass die Werte der Pflanzen aus den Beeten an den Messpunkten 8 und 9 wie im Vorjahr deutlich höhere Anreicherungen aufweisen als die gewonnenen Werte des Grünkohls aus den Containern (vergleiche Tabellen 1 – 4). Hierbei ist anzumerken, dass die Gehalte im standardisierten Grünkohl im Jahr 2010 im Vergleich zu 2009 insgesamt geringer sind. Am Standort 4, der Referenz, sind nur marginale Unterschiede der Gehalte zwischen Grünkohl im Beet und im Container feststellbar. Es handelt sich in allen Fällen um niedrige Werte.

An den beiden hoch belasteten Messpunkten 8 und 9 sind die Gehalte in den Beetpflanzen im Allgemeinen doppelt bis dreimal so hoch wie in den Containerpflanzen.

Im aktuellen Erhebungsjahr wurde zusätzlich am Messpunkt 5 in der KGA Buchenberg standardisierter Grünkohl aufgestellt, da in 2009 an diesem Messpunkt vielfach höhere Werte ermittelt wurden. Die dort gefundenen Gehalte bewegen sich im üblichen Rahmen der Werte, wie sie an den anderen Messpunkten vorkommen. Lediglich bei Kupfer und Blei unterscheidet sich der Wert deutlich von der Referenz. Das Ergebnis bestätigt, dass der Pfad Boden/Pflanze zumindest mit Bezug auf Grünkohl an den höher belasteten Messpunkten eine deutliche Relevanz hat.

Die Ursachen sind darin begründet, dass

1. das Einheitserdesubstrat nur ganz geringe Mengen von Schwermetallen enthält, die für den Pfad Boden/Pflanze ohne Relevanz sind,
2. die Pflanzen in Containern ca. 40 cm über Grund stehen, so dass hoch spritzende Bodenpartikel bei Regen die Pflanzen kaum erreichen,
3. die Schwermetallgehalte in den Gartenböden deutlich höher liegen als im Erdsubstrat des Containers,
4. die Mobilität der Schwermetalle im Boden erheblich vom pH-Wert beeinflusst wird. Die pH-Werte sind im aktuellen Betrachtungsjahr nach den Aufkalkungen der Böden gut eingestellt.

## **Umweltmedizinische Bewertung der Gemüseproben**

### **Expositionsabschätzung**

Expositionsseitig wird bei der vorliegenden Bewertung ein Verzehr von 250 g Frischgemüse pro Tag angenommen. Dieser Wert wird aus vorherigen Ableitungen des LUA/LANUV übernommen. Aus der im Auftrag eines vom LUA in 1999 durchgeführten Projektes „Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet“ (IFUA 1999) kann entnommen werden, dass das 95.Perzentil des pro-Kopf-Verzehrs von Gemüse aus Kleingärten auf das Jahr bezogen 440 g /Tag beträgt. Der entsprechende Median liegt bei 127 g/Tag, der Maximalwert bei 1250 g/Tag. Prinzipiell wäre das 95.Perzentil des täglichen Gemüseverzehr bei der hier vorliegenden Berechnung anzusetzen. Da jedoch ausschließlich Pflanzen ausgewählt wurden, welche die hier interessierenden Schadstoffe mit am Stärksten anreichern, wird als Konvention bei der Berechnung, wie bisher, 250 g Grünkohl, Kopfsalat oder Endivie pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrt Gemüse - aus den hier beprobten Gärten zu Grunde gelegt.

Üblicherweise wird in der regulatorischen Toxikologie bei Vorliegen von mehr als 5 Messdaten das 95.Perzentil einer festgestellten Belastung zur Bewertung herangezogen. Dies würde prinzipiell für eine insgesamt zu beurteilende Fläche einer Kleingartenanlage gelten. Werte zwischen 95.Perzentil und Maximalwert wären im Einzelfall ggf. ebenfalls zu beurteilen.

Im vorliegenden Fall wird analog zur bisherigen Vorgehensweise bei der Bewertung von Kontaminanten in Gemüseproben aus Kleingärten die maximal ermittelte Schadstoffkonzentration in der am höchsten belasteten Probe herangezogen.

### **Bewertung der Ergebnisse**

#### **Arsen**

Maximale Arsengehalte finden sich mit 0,47 mg/kg TM (0,05 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 1, mit 0,21 mg/kg TM (0,04 mg/kg FM) in Grünkohl aus dem Garten 9 und mit 1,41 mg/kg TM (0,12 mg/kg FM) in Kopfsalat aus dem Garten 10.

Hassauer und Kalberlah (2008) leiteten für Arsen einen TRD-Wert in Höhe von 0,45 µg/kg KG x d ab (Wirkendpunkt: dermale Effekte). Kanzerogene Wirkungen wurden hierbei nicht berücksichtigt. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit hat Ende 2009 eine BMDL 1 (untere Grenze des Vertrauensbereiches der Benchmarkdosis für einen 1 %igen Anstieg) für die Wirkendpunkte dermale Läsionen, Lungenkrebs und Blasenkrebs in Höhe von 0,3 bis 8 µg/ kg KG x d abgeleitet.

Bei einer rechnerischen Annahme eines tagtäglichen Verzehrs von 250 Gramm Kopfsalat aus dem Garten 10 würde eine Arsenaufnahme von ca. 0,43 µg/kg KG x d resultieren. Der o.g. TRD-Wert wäre damit nahezu ausgeschöpft. Der untere Wert der BMDL 1 in Höhe von 0,3 µg/kg KG x d wäre überschritten. Da die Aufnahme von Arsen über den allgemeinen Warenkorb in Europa ohnehin relativ hoch ist (mittlere Aufnahme: 0,13 – 0,56 µg/kg KG x d (EFSA 2009)), sollte solchermaßen belastetes Gemüse wie der Kopfsalat nicht verzehrt werden.

### **Blei**

Die höchsten Blei-Belastungen wurden mit 6,2 mg/kg TM (0,6 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 9, mit 4,4 mg/kg TM (0,84 mg/kg FM) in Grünkohl aus dem Garten 9 sowie mit 9,2 mg/kg TM (0,68 mg/kg FM) in Kopfsalat aus dem Garten 6 ermittelt. Die Beurteilung dieser Belastungen erfolgt auf Basis der EG-Verordnung Nr. 1881/2006 (Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln) ergänzt durch EG-Verordnung Nr. 629/2008 (Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln). Diese Verordnungen gelten zwar in erster Linie für die Schadstoffhöchstgehalte in Lebensmitteln, die in den Verkehr (Handel) gebracht werden. Da die Ableitung dieser Gehalte toxikologisch basiert ist, kann diese Beurteilungsgrundlage aber auch zur umweltmedizinischen Bewertung der hier vorliegenden Belastungen herangezogen werden. Der in den beiden EG-Verordnungen für Blattgemüse (u. a. Endivie und Kopfsalat) sowie für Kohlgemüse (u.a. Grünkohl) festgelegte Pb-Gehalt beträgt 0,3 mg/kg FM und wird damit in den drei am stärksten belasteten Pflanzen aus den Gärten 9 (Grünkohl und Endivie) und 6 (Kopfsalat) um Faktor 2 bis ca. 2,8 deutlich überschritten. Auch für den Grünkohl aus den Gärten 3, 5 und 8 und den Kopfsalat aus den Gärten 3, 5, 9 und 10 wird der Wert überschritten. Solchermaßen belastetes Gemüse darf nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht nicht in den Handel gebracht werden. Insofern sollten die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum Anlass genommen werden, eine Nichtverzehrsempfehlung herauszugeben bzw. aufrecht zu halten.

### **Cadmium**

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 1,86 mg/kg TM (0,17 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 10, mit 0,21 bzw. 0,19 mg/kg TM (0,04 mg/kg

FM) in Grünkohl aus den Gärten 2, 5 und 9 und mit 0,84 mg/kg TM (0,07 mg/kg FM) in Kopfsalat aus dem Garten 10 ermittelt. Für Cadmium wurden in den o.g. Verordnungen (s. Blei) ebenfalls Höchstgehalte für Schadstoffe in Lebensmitteln festgelegt. Für Blattgemüse wurde ein Höchstgehalt von 0,2 mg/kg FM, für Gemüse (allgemein, u.a. Grünkohl) von 0,05 mg/kg FM festgelegt. Die EG-Höchstgehalte für Blattgemüse werden bei den hier untersuchten Kopfsalat- und Endivienproben durchgängig unterschritten. Auch für den beprobten Grünkohl wird die zulässige Höchstmenge von 0,05 mg/kg FM in allen Gärten unterschritten.

### **Chrom**

Maximale Chromgehalte finden sich in Endivie (8,6 mg/kg TM entspr. 0,80 mg/kg FM) aus dem Garten 2, in Grünkohl (2,2 mg/kg TM entspr. 0,43 mg/kg FM) aus dem Garten 5 und in Kopfsalat (5,3 mg/kg TM entspr. 0,39 mg/kg FM) aus Garten 6. Bei der allgemeinen umweltmedizinischen Bewertung von Chrom wird zwischen drei- und sechswertigen Chromverbindungen unterschieden, wobei das größere toxische Potential vom Cr(VI) ausgeht. In Lebensmitteln liegt sechswertiges Chrom zu vergleichsweise geringen Anteilen vor. Dreiwertiges Chrom spielt im Organismus eine wichtige Rolle im Zucker-, Eiweiß- und Fettstoffwechsel. Die Essentialität von Chrom(III) für den menschlichen Organismus ist nach wie vor noch nicht eindeutig geklärt (EFSA 2010). Von Kalberlah (1999) wurde für Chrom(VI) (!) ein vorläufiger TRD-Wert nach oraler Aufnahme in Höhe von 5 µg/kg KG x d (zugeführt) abgeleitet. Dieser Wert würde in der Berechnung bei ungünstigsten Annahmen bei den hier untersuchten Gemüseproben maximal zu ca. 57 % ausgeschöpft werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Chrom in Pflanzen überwiegend in der dreiwertigen Form vorliegt. Insofern stellt die Ausschöpfung eine deutliche Überschätzung dar.

### **Kupfer**

Höchste Cu-Gehalte finden sich mit 48,3 mg/kg TM (4,64 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 9 mit 24,4 mg/kg TM (4,63 mg/kg FM) in Grünkohl aus dem Garten 9 und mit 43,7 mg/kg TM (2,5 mg/kg FM) in Kopfsalat ebenfalls aus diesem Garten.

Kupfer ist ein für den menschlichen Organismus essentielles Element. Von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2010) wird empfohlen, dass Erwachsene bis zu 1,5 mg Kupfer pro Tag aufnehmen sollten; dies entspricht ca. 21 µg/kg KG x d. Von Schneider und Kalberlah (1999) wurde für Kupfer ein vorläufiger TRD-Wert nach oraler Exposition in Höhe von 25 µg/kg KG x d abgeleitet. Die gastrointestinale Resorption beträgt ca. 50 %, so dass eine zugeführte tolerable resorbierbare Dosis von 50 µg/kg KG x d festgelegt wurde. Bei einer rechnerischen Annahme eines tagtäglichen Verzehrs von 250 Gramm Endivie aus dem Garten 9 würde eine Kupferaufnahme von ca. 17 µg/kg KG x d resultieren. Der von Schneider und Kalberlah abgeleitete TRD-

Wert wäre bei allen hier beprobten Nahrungspflanzen maximal bis zu 34 % ausgeschöpft.

Seite 13 / 26.05.2011

### **Nickel**

Im vorliegenden Fall wurde die höchste Nickel-Belastung mit 2,1 mg/kg TM (0,41 mg/kg FM) im Grünkohl aus dem Garten 5, mit 12,7 mg/kg TM (1,18 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 2 und mit 2,7 mg/kg TM (0,20 mg/kg FM) in Kopfsalat aus Garten 6 ermittelt. Zur umweltmedizinischen Bewertung kann der von Schneider und Kalberlah in 1999 abgeleitete und in 2005 von Gerdes et al. bestätigte TRD-Wert in Höhe von 0,08 µg/kg KG x d herangezogen werden. Die gastrointestinale Resorption von Nickel aus der Nahrung beträgt max. 1 bis 2 %, so dass eine tolerable zugeführte Dosis in Höhe von 4 bis 8 µg/kg KG x d für die weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt wird.

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg, einem angenommenen täglichen Verzehr von 250 g Endivie aus dem Garten 2 ergibt sich somit am stärksten belasteten Punkt eine rechnerisch maximale Zusatzbelastung von ca. 4,21 µg/kg KG x d. Die o.g. tolerable zugeführte Dosis wäre rein rechnerisch durch den Verzehr von Endivie aus dem Garten 2 bei einer Resorption von 2% überschritten und damit nicht verzehrsfähig. Für Grünkohl wäre der TRD-Wert rein rechnerisch zu maximal 19 bis 38% ausgeschöpft, für Kopfsalat zu maximal 9 bis 18%.

### **Zink**

Die höchste Zink-Belastung wurde mit 220 mg/kg TM (21,14 mg/kg FM) in Endivie aus dem Garten 9, mit 61 mg/kg TM (11,58 mg/kg FM) in Grünkohl aus dem Garten 9 und mit 115 mg/kg TM (6,58 mg/kg FM) in Kopfsalat ermittelt.

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2010) empfiehlt, dass Erwachsene 10 mg Zink pro Tag aufnehmen; dies entspricht ca. 143 µg/kg KG x d. Zink ist aber nicht nur essentiell, sondern blockiert auch die Resorption von schädlichen Schwermetallen wie Cadmium oder Blei im Magen-Darm-Trakt.

Bei einer rechnerischen Annahme eines tagtäglichen Verzehrs von 250 Gramm Endivie aus dem Garten 9 würde eine Zinkaufnahme von ca. 76 µg/kg KG/d resultieren. Eine toxische Wirkung von Zink ist erst bei erheblich höheren Aufnahmen zu erwarten.

## **Fazit**

Die Wiederholungsuntersuchungen in 10 Gärten in Lünen im Umfeld um die Fa. Aurubis zeigen beim Vergleich der aktuellen Werte gegenüber dem Jahr 2009, dass bei den Blattgemüsen Kopfsalat und/oder Endivie im aktuellen Jahr vielfach höhere Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen, insbesondere bei den Komponenten Blei und Chrom, auftreten. Bei Grünkohl hingegen haben die ermittelten Gehalte in 2010 gegenüber dem Vorjahr, vor allem an den relativ hoch belasteten Messpunkten, im näheren Einwirkungsbereich der Firma Aurubis, deutlich abgenommen.

Dies bestätigen auch die standardisierten Grünkohlpflanzen an 4 exponierten Messpunkten, die lediglich den luftbürtigen Eintragspfad widerspiegeln. Die Ergebnisse der Untersuchungen an den Messpunkten 8 und 9, im näheren Einwirkungsbereich der Fa. Aurubis, sind im Vergleich zum letzten Jahr mit Bezug auf Blei, Kupfer und Zink deutlich zurückgegangen. Diese Werte sind insgesamt als typisch für Ballungsgebiete einzuordnen.

**Aufgrund von Überschreitungen zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmittel (Blei in Nahrungsmitteln) und der vergleichsweise hohen Belastung von Nickel im Gemüse sollte die bestehende Nichtverzehrsempfehlung aufrecht erhalten werden.** Die im Vorjahr festgestellte Überschreitung von Cadmium im Grünkohl verschiedener Gärten hat sich nicht wiederholt, was u.a. mit der Aufkalkung der Böden in Zusammenhang gebracht werden kann. Die Überschreitung von Arsen im Kopfsalat im Referenzgarten 10 stellt eine Ausnahme im Vergleich zur allgemeinen Belastung von Arsen im untersuchten Gemüse dar. Hier sollten weitere Maßnahmen zur Sachverhaltsklärung vorgenommen und vorsorglich in diesem Garten auf den Anbau von Blattgemüse verzichtet werden.

Im Auftrag  
gez.

Ludwig Radermacher

## Literatur

DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2010): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr.

<http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3>, aufgerufen am 18.05.2010

Gerdes, H.; Schneider, K.; Schuhmacher-Wolz, U. (2005): Addendum Nickel und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

EFSA (2005): Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Nickel, The EFSA Journal (2005) 146, 1-21

EFSA (2009): SCIENTIFIC Opinion, Scientific Opinion on Arsenic in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), The EFSA Journal (2009) 7 (10): 1351

EFSA (2010): SCIENTIFIC REPORT submitted to EFSA - Long-term dietary exposure to chromium in young children living in different European countries, The EFSA Journal. <http://www.efsa.europa.eu/de/supporting/doc/54e.pdf>

Hassauer, M. Kalberlah, F. (2008): Arsen und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

IFUA, Institut für Umwelt-Analyse (1999): Verzehrstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet. Im Auftrag des Landesumweltamtes.

Kalberlah, F. (1999): ChromVI. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Radermacher, L. ;Rudolph, H. : Grünkohl als Bioindikator- Ein Verfahren zum Nachweis von organischen Substanzen in Nahrungsmitteln. UWSF - Z Umweltchem. Ökotox. 6 (1994) S. 384 - 386

Schneider, K.; Kalberlah, F. (1999): Kupfer und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Seite 16 / 26.05.2011

Schneider, K.; Kalberlah, F. (1999): Nickel und Nickelverbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.